

Especificación Técnica de Par Torsional + Ángulo y sus Características Metrológicas en VWM

Antonio Castillo M.

Volkswagen de México, S. A. de C. V.
 km 116 Autopista México-Puebla, San Lorenzo Almecatla, 72700, Puebla, México.
 jose5.castillo@vw.com.mx

RESUMEN

Dentro de las diferentes calidades de atornillado, la especificación de Par Torsional + Ángulo tiene un uso extendido actualmente en la Industria Automotriz en ensambles de atornillado en los que se emplean tornillos de grado y componentes que soportan altos esfuerzos; o sea ensambles estructurales. En este método se llega al campo plástico del tornillo, o sea a la deformación permanente aprovechando generalmente la máxima capacidad de apriete del tornillo. La magnitud para ensambles de atornillado es la fuerza pero por la dificultad de medirla, a través del par torsional + un ángulo determinado se llega al punto de cedencia.

1. INTRODUCCION

En los ensambles atornillados o uniones roscadas, invariablemente juega un papel fundamental el siguiente elemento: el tornillo.

Se puede describir como un perno roscado dotado de una cabeza que le sirve para el arrastre y anclaje. Esto es un su modalidad mas común pues puede haber varias combinaciones, como birlo roscado, tuerca, etc.

Estos ensambles atornillados son estructurales en los cuales se entiende que se generan altas fuerzas de sujeción y por lo mismo elevados esfuerzos.

Las uniones atornilladas representan uno de los procedimientos más usuales en el ensamble o montaje de piezas. Las partes que son ensambladas por medio de tornillos, requieren de atención especial para evitar fallas en el ensamble a lo largo del tiempo de vida útil de los productos.

Las uniones atornilladas deben asegurar fuerzas de trabajo estáticas y dinámicas, mientras cumplen con las funciones a las cuales están destinadas. En el caso ideal, las piezas unidas deben comportarse como si fueran una sola pieza, o sea que no deben moverse entre si ni desprenderse la unión. Para esto se requiere una fuerza de tensión adecuada en las partes, la cual debe formarse al apretar sus tornillos.

El tornillo, su especificación y las partes que ensambla estarán dimensionados de tal forma que cumplan con la función a la que están destinados y resistan las fuerzas de trabajo que se produzcan.

A continuación se presentan algunos conceptos básicos para la mejor descripción de este tema.

2. PAR TORSIONAL

El par torsional es una magnitud derivada de las magnitudes fuerza y longitud. Para obtenerlo se aplica una fuerza a una distancia perpendicular de un eje de un cuerpo, tal que se genere en este cuerpo una rotación alrededor de este eje. También se le conoce como torque o momento de giro de apriete, en este trabajo se usaran estos términos par torsional y torque indistintamente, esto es por razones de uso de términos propios de atornillado. Las unidades que usaremos son newton metro o Nm.

En los ensambles de atornillado que se ensamblan únicamente con especificación de par torsional, el tornillo una vez ensamblado trabaja en la zona elástica.

La Fig. 1 es un ejemplo de la definición de par torsional ya mencionada y de la ilustración de dicha aplicación que tiende a girar el tornillo.

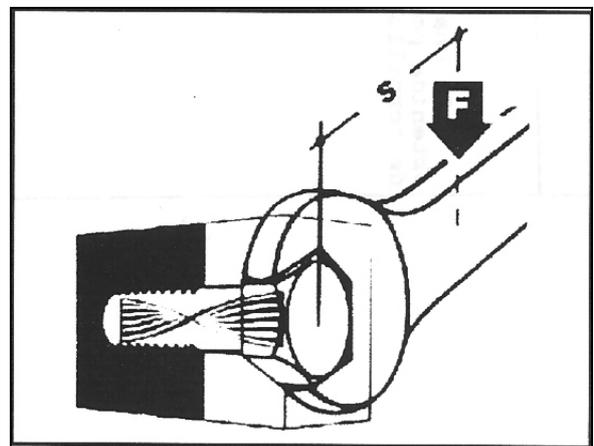


Fig. 1. Representación de par torsional.

El método de atornillado de par torsional es el mas generalizado.

3. FUERZA DE SUJECIÓN

En el ensamble por uniones roscadas sin importar el método que se utilice la finalidad es obtener una fuerza de sujeción que mantenga los componentes ensamblados. El tornillo actúa como un resorte a la tensión que genera dicha fuerza y que esta en equilibrio con las partes que ensambla, comprimiéndolas.

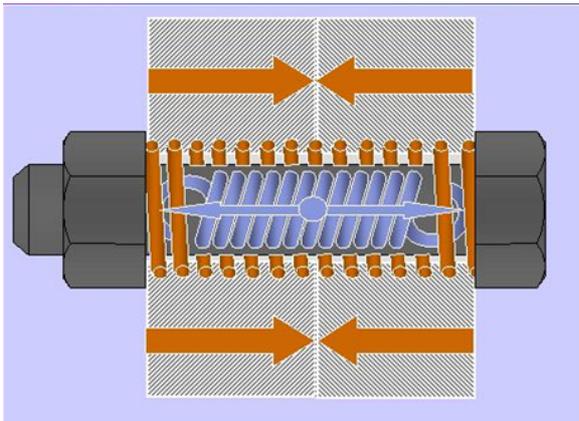


Fig. 2. Fuerza de sujeción en una unión atornillada.

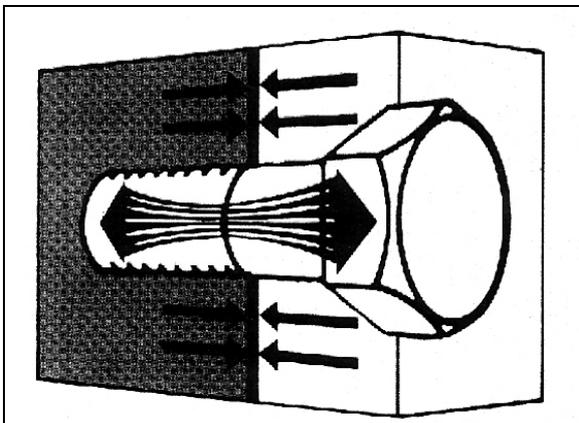


Fig. 3. Equilibrio de fuerza en una unión atornillada ya ensamblada.

4. TIPOS DE JUNTAS SEGÚN ISO 5393

Debido a la consistencia (rigidez) de los diferentes materiales que se ensamblan, en los diferentes ensambles que pueden existir y de la resistencia propia del tornillo, para cada diseño de ensamble en particular, se puede clasificar el tipo de junta de acuerdo a la Fig. 4.

Desde que las partes apenas se juntan, hasta que se llega a su objetivo de atornillado, se obtiene un ángulo, que puede variar desde 30°

(juntas duras) hasta 720° (juntas blandas), entre estos dos extremos puede haber muchas posibilidades.

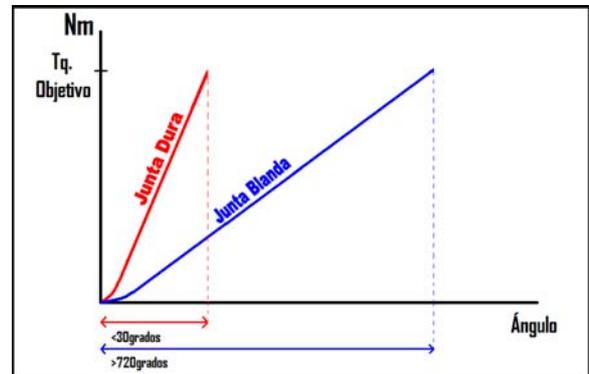


Fig. 4. Tipos de juntas en atornillado.

5. EFICIENCIA EN EL PAR TORSIONAL APLICADO

Al apretar se tiene que vencer la resistencia de fricción quedando solo parte de la fuerza para estirar el tornillo. Es aplicable para casi todas las uniones atornilladas que aproximadamente 40 % de par torsional se pierde en vencer la resistencia de fricción de la rosca, otro 50 % para la fricción en el asentamiento de la cabeza con la superficie de trabajo, quedando sólo 10 % para conseguir la fuerza de sujeción de la unión.

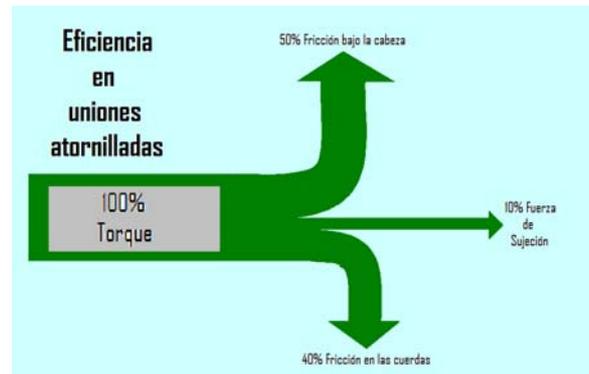


Fig. 5. Distribución del Par Torsional aplicado en las uniones atornilladas.

6. FRICCIÓN EN UNIONES ATORNILLADAS

Dicha fricción en las partes de contacto de las uniones atornilladas, o sea el asentamiento de la cabeza y en las cuerdas, es importante debido que al aplicar el par torsional especificado al tornillo, la fuerza de sujeción varia en función del coeficiente de fricción de la junta. Se menciona que dicha fricción es necesaria, pues si no existiera o fuera mínima, los ensambles atornillados se aflojarían con facilidad.

Generalmente dicho coeficiente de fricción esta determinado por el grado de lubricación de las partes, del recubrimiento superficial del tornillo, de la geometría de la cuerda, etc.

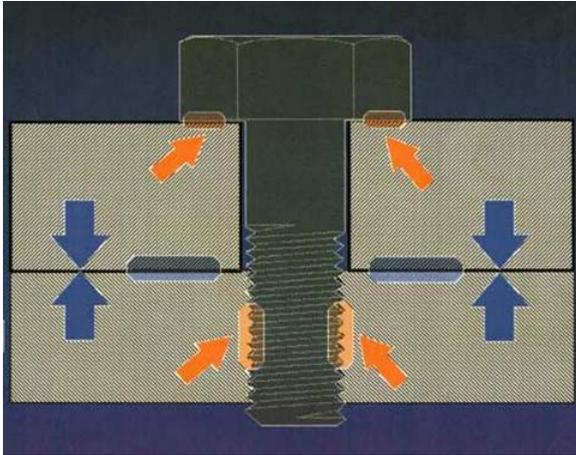


Fig. 6. Zonas de fricción en uniones atornilladas (color naranja).

7. PAR TORSIONAL + ÁNGULO

Los criterios de los diseñadores para determinar la especificación de torque + ángulo para cada ensamblaje en particular son el conocimiento de lo descrito previamente y las Normas indicadas en las 7 Referencias.

Es imprescindible que los tornillos que se usen en este método, sean tornillos de grado, con una resistencia igual o mayor a la Clase 8.8, [1].

En este método el par torsional aplicado lo vamos a definir como Pretorque y se aplica inicialmente a el tornillo que se esta ensamblando, posteriormente se aplica un ángulo determinado. Dichos valores de pretorque y de ángulo deben estar especificados y son únicos para cada ensamblaje, aunque el ángulo especificado generalmente es de 90° y su tolerancia puede oscilar entre ± 5° y ± 15° dependiendo del diseño propio del ensamblaje y de los medios para efectuarlo.

Una vez que se aplica el pretorque, en la segunda fase, el control activo corresponde completamente a el ángulo, el torque sin importar su valor solamente se puede monitorear, o sea que lo que hace que se detenga el proceso de atornillado es cuando se llega al valor del ángulo especificado.

Debe observarse que el pretorque especificado, en el ciclo de atornillado es un valor transitorio, pues al aplicarse posteriormente el ángulo el

valor del par torsional en el ensamblaje se incrementa.

El ángulo aplicado también es un valor transitorio, pues se aplica solo dinámicamente, de una posición inicial a una posición final y una vez ensamblado el tornillo en forma obvia no se le puede medir, aunque puede registrarse su valor para cada atornillado, así como el torque final.

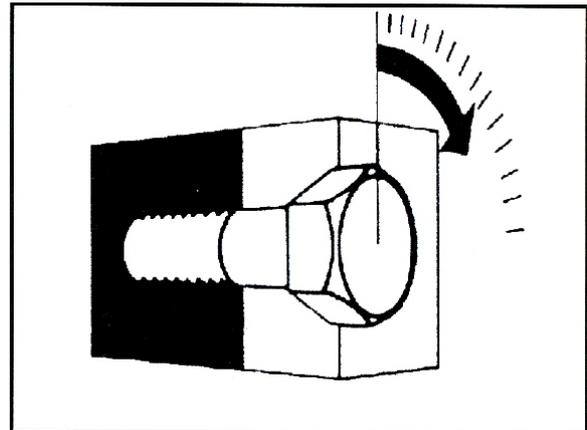


Fig.7. Ilustración del ángulo de giro.

Con este método generalmente el tornillo se alarga, un poco mas allá del punto de cedencia, rebasando la zona elástica y llegando a la zona plástica, o sea a la deformación permanente, Fig. 8. Está considerando que el tornillo apenas inicie dicha deformación.

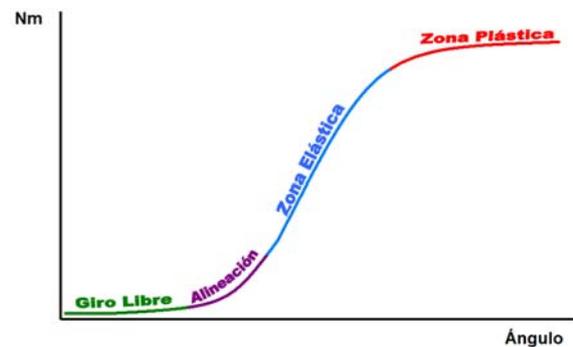


Fig. 8. Las cuatro zonas del proceso de atornillado.

Por deformación permanente se define por la Norma ISO 868, cuando esta deformación o alargamiento llega a ser de un 0.2 % adicional de la longitud original del tornillo.

Este método puede ser aplicado a cualquier ensamblaje en el que el tornillo sea el elemento más débil del ensamblaje y se emplea generalmente en ensamblajes de seguridad.

En este método, la fuerza de sujeción tiende a ser constante y generalmente es independiente de la fricción y de la dispersión de par torsional.

Un punto a considerar es que generalmente los tornillos ya ensamblados con este método, al desensamblarse no pueden ser reutilizables, o sea se tienen que desechar.

Este método se puede efectuar en forma manual o con un atornillador electrónico.

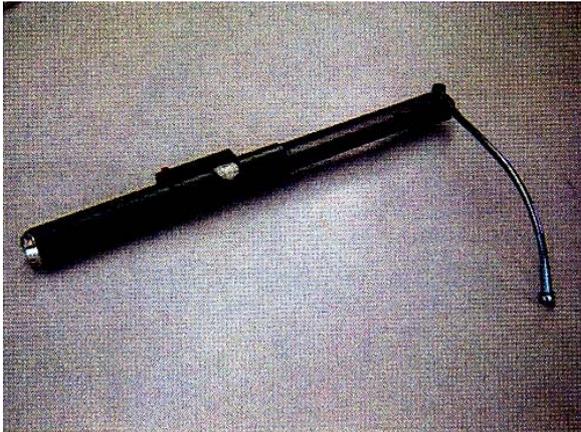


Fig. 9. Equipo para atornillado manual.

En la Fig. 9 se observa una extensión flexible con un imán externo para que sirva de fijación para tomar la referencia del ángulo, su uso no es común.

El atornillador electrónico tiene internamente un transductor de torque y un *encoder*, este último es el que mide y controla el ángulo.



Fig. 10. Atornillador electrónico con controlador y cable.

En el atornillado con el equipo electrónico, la especificación de torque + ángulo se parametriza junto con otros valores como rpm's, tiempos, etapas, etc. en el controlador, el

operador simplemente tiene que posicionar el dado al atornillador a ensamblar, sujetarlo, oprimir el gatillo y el atornillador efectúa toda la programación o rutina, ensamblando dicho tornillo y al final del ciclo, indica el estatus del atornillado mediante *leds* de colores.



Fig. 11. Atornillador electrónico.

En la fase final del ciclo, el atornillador va a tender a girar por la reacción, por lo que el operador debe sujetarlo firmemente o en caso de torques finales de 50 Nm o más, se recomienda usar una barra de reacción.

El atornillador electrónico es calibrado con transductor de torque rotatorio y con el mismo también es posible ensamblar tornillos con especificación de sólo torque.

A continuación se expone un ejemplo de este método con sus especificaciones de un tornillo M8 Clase 8.8 de acuerdo a la referencia [5].

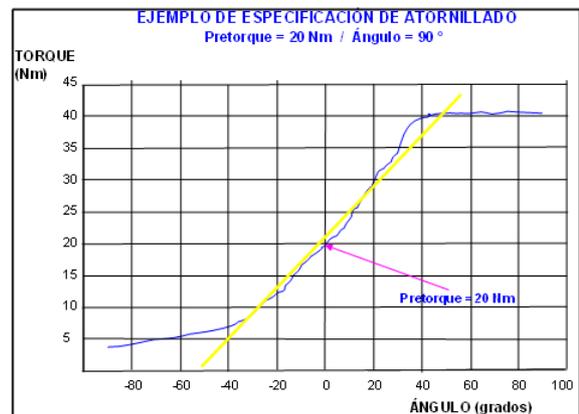


Fig. 12. Ejemplo de especificaciones de este método para un tornillo M8.

La gráfica de la Fig. 12. es una representación esquemática de este método.

8. TORQUES A MEDIR

Torque Dinámico Final: es el torque final que registra el controlador del atornillador al finalizar el ángulo (o sea al concluir el ciclo de atornillado) en forma automática.

Torque Posterior 1: es el torque medido en forma manual en el tornillo ya ensamblado una vez que ha terminado el ciclo de atornillado, debe ser medido en un período de tiempo máximo de 30 min posteriores al ensamble, [5].

Debido a la relajación o comportamiento de los materiales de los ensambles atornillados, las dos torques mencionadas previamente no tienen coincidencia, o sea no tienen que ser iguales.

De acuerdo al ejemplo mostrado en la Figura 12, para un tornillo M8, Grado 8.8, con una especificación de 20 Nm + 90°:

El torque dinámico final puede oscilar entre 24 y 41 Nm (Referencia [7]) y que en la realidad generalmente coincide, aún con esta variación el ensamble está correctamente ensamblado.

No existe un torque (dinámico) final resultante o equivalente, en cada repetición del ensamble, arroja un valor de torque (dinámico) final diferente.

El torque posterior 1 no existe como predeterminado y cada ensamble en particular arroja su propio patrón de comportamiento, mostrando también una dispersión alta.

Desde el punto de vista estadístico dicha dispersión puede parecer alta, pero para que el ensamble esté correcto, simplemente tiene que estar dentro del patrón mencionado.

9. CONCLUSIONES

Una de las razones del uso de este método de atornillado es que se usa prácticamente la máxima capacidad de sujeción del tornillo, otra es que la medición de Fuerza de sujeción en una línea de montaje de una unión atornillada no es fácil de efectuar ni es práctico y está prácticamente restringida al laboratorio.

Aunque el tornillo esté deformado permanentemente, va a trabajar correctamente, por esta razón este método de atornillado tiene una utilidad significativa en el montaje de componentes o partes en la industria automotriz, se puede afirmar que sus ventajas superen a sus desventajas.

Se observa que como en este método no existe el torque como objetivo de atornillado, la dispersión del torque dinámico final es alta, pues en la segunda fase del ciclo de atornillado el control activo de este es el ángulo y no el torque.

Se ha comprobado que es un método confiable y su utilización tiene a incrementarse.

Considerar que el torque que existe en un tornillo ya ensamblado por este método, es un ejemplo de aplicación del par torsional (aunque sea parcialmente).

REFERENCIAS

- [1] Norma ISO 898 Propiedades Mecánicas de tornillos de acero al carbono y de acero aleado.
- [2] Norma VDI 2230 Cálculo sistemático de uniones atornilladas de alta resistencia en juntas de un tornillo cilíndrico.
- [3] Norma ISO 5393 Herramientas de rotación para elementos de fijación roscados.
- [4] Norma VW 011 10 Parte 1 Uniones atornilladas, construcción y prescripciones.
- [5] Norma VW 011 10 Parte 2, Parte 1 Uniones atornilladas, Montaje y aseguramiento del Proceso.
- [6] Norma VW 011 26 Parte 1 Momentos de apriete para uniones atornilladas.
- [7] Norma VW 011 26 Parte 2 Momentos de apriete para montaje de tornillos en el campo sobre elástico.